U2 2. Übung

U2-1 Überblick

- Ein-Ausgabefunktionen in C
  (letzter Abschnitt Vorlesungsstoff ab Seite A 2-111)
- Aufgabe 2: qsort
- Debugger
- valgrind
- Übersetzen von Projekten mit "make"

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

U2-2 Aufgabe 2: Sortieren mittels qsort

1 Funktion *qsort(3)*

- Prototyp aus `stdlib.h`:

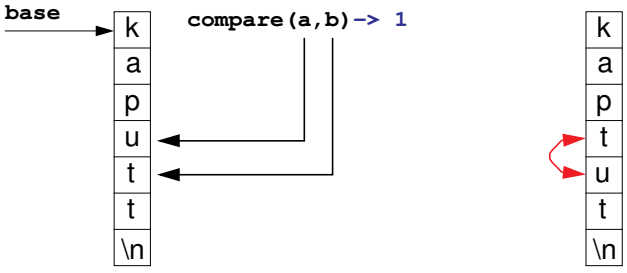
```
void qsort(void *base,
       size_t nel,
       size_t width,
       int (*compare) (const void *, const void *));
```

- Bedeutung der Parameter:
  - **base** : Zeiger auf das erste Element des Feldes, dessen Elemente sortiert werden sollen
  - **nel** : Anzahl der Elemente im zu sortierenden Feld
  - **width**: Größe eines Elements
  - **compare**: Vergleichsfunktion

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Arbeitsweise von *qsort(3)*

- **qsort** vergleicht je zwei Elemente mit Hilfe der Vergleichsfunktion compare
- sind die Elemente zu vertauschen, dann werden die entsprechenden Felder komplett ausgetauscht, z.B.:



Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 Vergleichsfunktion

- Die Vergleichsfunktion erhält Zeiger auf Feldelemente, d.h. die übergebenen Zeiger haben denselben Typ wie das Feld
- Die Funktion vergleicht die beiden Elemente und liefert:
  - <0, falls Element 1 kleiner bewertet wird als Element 2
  - 0, falls Element 1 und Element 2 gleich gewertet werden
  - >0, falls Element 1 größer bewertet wird als Element 2
- Beispiel
  - 'z', 'a' -> 1
  - 1, 5 -> -1
  - 5,5 -> 0

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

U2-3 Debuggen mit dem gdb

- Programm muß mit der Compileroption **-g** übersetzt werden

```
gcc -g -o hello hello.c
```

- Aufruf des Debuggers mit gdb <Programmname>

```
gdb hello
```

- im Debugger kann man u.a.
  - Breakpoints setzen
  - das Programm schrittweise abarbeiten
  - Inhalt Variablen und Speicherinhalte ansehen und modifizieren
- Debugger außerdem zur Analyse von core dumps
  - Erlauben von core dumps:
    z. B. **limit coredumpsize 1024k** oder **limit coredumpsize unlimited**

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1 Breakpoints

- Breakpoints:
  - **b** <Funktionsname>
  - **b** <Dateiname>:<Zeilennummer>
  - Beispiel: Breakpoint bei main-Funktion

```
b main
```

- Starten des Programms mit **run** (+ evtl. Befehlszeilenparameter)
- Schrittweise Abarbeitung mit
  - **s** (step: läuft in Funktionen hinein) bzw.
  - **n** (next: läuft über Funktionsaufrufe ohne in diese hineinzusteppen)
- Fortsetzen bis zum nächsten Breakpoint mit **c** (continue)
- Breakpoint löschen: **delete** <breakpoint-nummer>

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

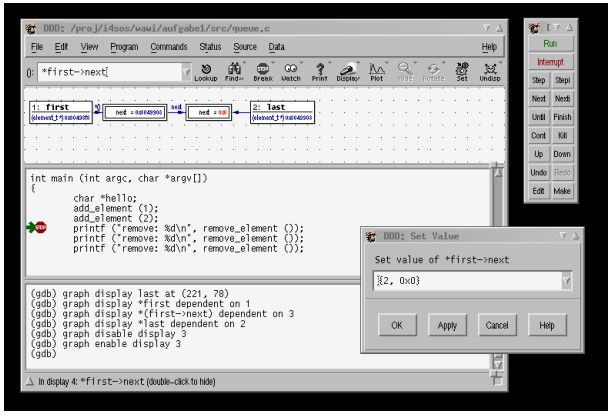
2 Variablen, Stack

- Anzeigen von Variablen mit **p** <variablenname>
- Automatische Anzeige von Variablen bei jedem Programmhalt (Breakpoint, Step, ...) mit **display** <variablenname>
- Setzen von Variablenwerten mit **set** <variablenname>=<wert>
- Ausgabe des Funktionsaufruf-Stacks: **bt**

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 The Data Display Debugger (DDD)

- Komfortable, grafische Schnittstelle für gdb



Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 Emacs und gdb

- gdb lässt sich auch sehr komfortabel im Emacs verwenden
- Aufruf mit "**`ESC-x gdb`**" und bei der Frage "**`Run gdb on file:`**" das mit der **`-g`**-Option übersetzte ausführbare File angeben
- Breakpoints lassen sich (nachdem der gdb gestartet wurde) im Buffer setzen, in welchem das C-File bearbeitet wird: **`CTRL-x SPACE`**

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

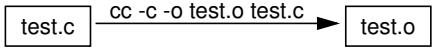
U2-4 valgrind

- Baukasten von Debugging- und Profiling-Werkzeugen (ausführbarer Code wird durch synthetische CPU auf Softwareebene interpretiert ➔ Ausführung erheblich langsamer!)
  - ◆ Memcheck: erkennt Speicherzugriff-Probleme
    - ➤ Nutzung von nicht-initialisiertem Speicher
    - ➤ Zugriff auf freigegebenen Speicher
    - ➤ Zugriff über das Ende von allokierten Speicherbereichen
    - ➤ Zugriff auf ungültige Stack-Bereiche
    - ➤ …
  - ◆ Helgrind: erkennt Koordinierungsprobleme zwischen mehreren Threads
    - ➤ siehe Aufgabe 8
    - ➤ in valgrind 3.1.X nicht verfügbar
  - ◆ Cachegrind: zur Analyse des Cache-Zugriffsverhaltens eines Programms
- Aufrufbeispiel: **`valgrind --tool=memcheck wsort`** oder **`valgrind wsort`**

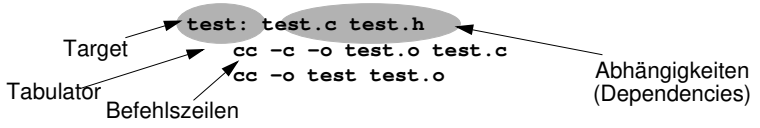
Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

U2-5 Make

- Problem: Es gibt Dateien, die aus anderen Dateien generiert werden.
  - ◆ Zum Beispiel kann eine test.o Datei aus einer test.c Datei unter Verwendung des C-Compilers generiert werden.



- Ausführung von *Update*-Operationen
- **`Makefile`**: enthält Abhängigkeiten und Update-Regeln (Befehlszeilen)



Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

1 Beispiel

```
test: test.o func.o
    cc -o test test.o func.o

test.o: test.c test.h func.h
    cc -c test.c

func.o: func.c func.h test.h
    cc -c func.c
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

2 Allgemeines

- Kommentare beginnen mit `#` (bis Zeilenende)
- Befehlszeilen müssen mit TAB beginnen
- das zu erstellende Target kann beim `make`-Aufruf angegeben werden (z.B. `make test`)
  - wenn kein Target angegeben wird, bearbeitet make das erste Target im Makefile
- beginnt eine Befehlszeile mit `@` wird sie nicht ausgegeben
- jede Zeile wird mit einer neuen Shell ausgeführt (d.h. z.B. `cd` in einer Zeile hat keine Auswirkung auf die nächste Zeile)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

3 Makros

- in einem Makefile können Makros definiert werden

```
SOURCE = test.c func.c
```

- Verwendung der Makros mit `$(NAME)` oder `${NAME}`

```
test: $(SOURCE)
    cc -o test $(SOURCE)
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

4 Dynamische Makros

- `$@` Name des Targets

```
test: $(SOURCE)
    cc -o $@ $(SOURCE)
```

- `$*` Basisname des Targets

```
test.o: test.c test.h
    cc -c $*.c
```

- `$?` Abhängigkeiten, die jünger als das Target sind
- `$<` Name einer Abhängigkeit (in impliziten Regeln)

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

5 ... Makros

- Erzeugung neuer Makros durch Konkatenation

```
OBJS += hallo.o
```

oder

```
OBJS = $(OBJS)  hallo.o
```

- Erzeugen neuer Makros durch Ersetzung in existierenden Makros

```
OBJS_SOLARIS = $(OBJS:test.o=test_solaris.o)
```

- Ersetzen mit Pattern-Matching

```
SOURCE = test.c func.c
OBJS = $(SOURCE:%.c=%.o)
```

- Benutzen von Befehlsausgaben

```
WORKDIR = $(shell pwd)
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

6 Eingebaute Regeln und Makros

- make enthält eingebaute Regeln und Makros (**`make -p`** zeigt diese an)
- Wichtige Makros:
  - **`CC`** C-Compiler Befehl
  - **`CFLAGS`** Optionen für den C-Compiler
  - **`LD`** Linker Befehl
    (in der Praxis wird aber meist cc verwendet, weil direkter Aufruf von ld die Standard-Bibliotheken nicht mit einbindet - cc ruft intern bei Bedarf automatisch ld auf)
  - **`LDFLAGS`** Optionen für den Linker
- Wichtige Regeln:
  - **`.c.o`** C-Datei in Objektdatei übersetzen
  - **`.c`** C-Datei übersetzen und linken

Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

7 Suffix Regeln

- Eine Suffix Regel kann verwendet werden, wenn **`make`** eine Datei mit einer bestimmten Endung (z.B. **`test.o`**) benötigt und eine andere Datei gleichen Namens mit einer anderen Endung (z.B. **`test.c`**) vorhanden ist.

```
.c.o:
    $(CC) $(CFLAGS) -c $<
```

- Suffixe müssen deklariert werden

```
.SUFFIXES: .c .o $(SUFFIXES)
```

- Explizite Regeln überschreiben die Suffix-Regeln

```
test.o: test.c
    $(CC) $(CFLAGS) -DXYZ -c $<
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

8 Beispiel verbessert

```
SOURCE = test.c func.c
OBJS = $(SOURCE:%.c=%.o)
HEADER = test.h func.h

test: $(OBJS)
    @echo Folgende Dateien erzwingen neu-linken von $@: $?
    $(CC) $(LDFLAGS) -o $@ $(OBJS)

.c.o:
    @echo Folgende C-Datei wird neu uebersetzt: $<
    $(CC) $(CFLAGS) -c $<


test.o: test.c $(HEADER)

func.o: func.c $(HEADER)
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.

9 Pseudo-Targets (PHONY)

- .PHONY-Targets
  - ➤ Pseudo-Targets, die nicht die Erzeugung einer gleichnamigen Datei zum Ziel haben, sondern nur zum Aufruf einer Reihe von Kommandos dienen

```
.PHONY: all clean install
```

- Aufräumen mit **`make clean`**

```
clean:
    rm -f $(OBJS)
```

- Projekt bauen mit **`make all`**

```
all: test
```

- Installieren mit **`make install`**

```
install: all
    cp test /usr/local/bin
```


Reproduktion jeder Art oder Verwendung dieser Unterlage, außer zu Lehrzwecken an der Universität Erlangen-Nürnberg, bedarf der Zustimmung des Autors.